

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-152430

(43)公開日 平成8年(1996)6月11日

(51)Int.Cl.⁶

G 0 1 N 37/00

識別記号

F

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-295113

(22)出願日 平成6年(1994)11月29日

(71)出願人 000002325

セイコー電子工業株式会社

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 安武 正敏

東京都江東区亀戸6丁目31番1号 セイコー電子工業株式会社内

(72)発明者 藤野 直彦

兵庫県尼崎市塚口本町八丁目1番1号 三菱電機株式会社材料デバイス研究所内

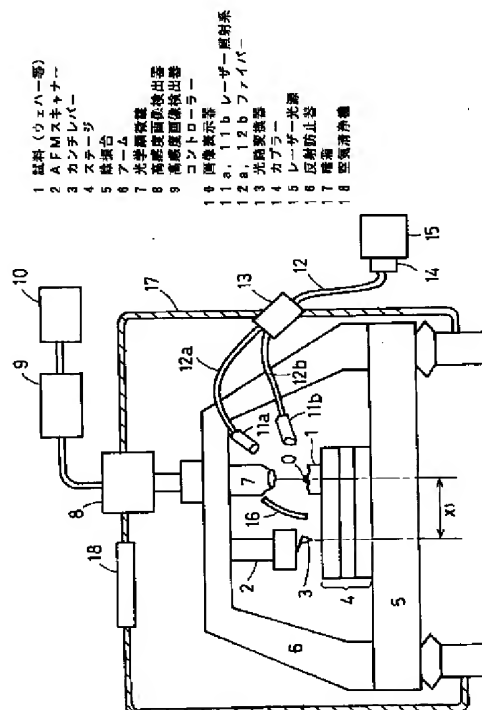
(74)代理人 弁理士 林 敬之助

(54)【発明の名称】 位置合わせ機能付き顕微鏡

(57)【要約】

【目的】 異物検査装置とAFM装置の座標リンケージを容易にし、異物のAFM形状測定のスループットを向上し、又、AFMの測定の再現性を向上する。

【構成】 光学顕微鏡7付きの大型試料用AFM装置2に、光錯乱光学系を組み込んだ。光学顕微鏡7に対して暗視野となるように、入射光を導入し、試料1の表面に対して入射角を変化できる構成とした。又、入射光は、光ファイバー12a、12bでのAFMの主筐体3に導入した。試料1の表面よりの反射光を二分割検出器で受け、この信号より暗視野顕微鏡の自動焦点合せを行った。装置全体を防音の暗箱17で覆い散乱光検出のS/Nを向上した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料を載置し該試料を移動するx, y, zステージと、前記試料の形状を測定するために前記試料表面に沿って走査される探針を自由端に持つカンチレバーを有する原子間力顕微鏡（AFM）装置と、前記カンチレバーから所定距離離れた所に光軸を有し前記試料表面を観測する光学顕微鏡と、前記試料表面を斜め方向から照射する光照射部とからなる走査型プローブ顕微鏡において、前記光学顕微鏡が前記光照射部の入射光に対し暗視野部にあり、前記試料面に対する前記入射光の角度、あるいは光学顕微鏡の方向を任意に変えられることを特徴とする位置合わせ機能付き走査型プローブ顕微鏡。

【請求項2】 前記光照射部から入射される光は光源から光ファイバーによって導かれ、前記光源は、前記x, y, zステージ、前記AFM装置及び前記光学顕微鏡を収容する筐体の外部にあることを特徴とする請求項1記載の位置合わせ機能付き走査型プローブ顕微鏡。

【請求項3】 前記光照射部は2個有り、前記光照射部に接続される各光ファイバへの光の入射は、前記光源からの光を光路変換器によって切り換えられることを特徴とすることを請求項1記載の位置合わせ機能付き走査型プローブ顕微鏡。

【請求項4】 暗視野光学系の焦点合せにおいて、試料面よりの反射光を二分割の光検出器で検出し、試料面の傾き及び試料の凹凸による信号変化により、試料と光学顕微鏡の焦点距離粗調を行い、次に散乱光スポットの半値幅の最小値より焦点距離の微調を行うことを特徴とする請求項1記載の位置合わせ機能付き走査型プローブ顕微鏡。

【請求項5】 試料より散乱された散乱光をS/Nよく検出するために、装置全体を暗箱に入れ、又、試料よりの反射光を減衰し、試料面に戻光がないような光アッテネーターを有することを特徴とする請求項1記載の位置合わせ機能付き走査型プローブ顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、一般的には測定装置に関し、試料上の特定の異物及び結晶欠陥等の位置を検出し、その形状をサブナノメートルの分解能で計測する位置合せ機能付き走査型プローブ顕微鏡に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 試料（一般にウェハー）上の異物を検査する装置としては、光学的方法を用いた異物検査装置があり、例えば、エスティック社製WIS9000、又は、テンコール社製サーフスキャン6200等がある。いずれも異物の大きさ及び位置座標を出力している。

【0003】 従来異物の形状及び元素分析する方法として、前記異物検査装置よりの座標をもらい、走査型電子

顕微鏡（SEM）等で異物の形状及び元素分析する装置としてたとえばセイコー電子工業製SAI9600等がある。又、異物検査装置と、SEMとの座標のリンケージについては、特開平6-174644に記載のものがある。

【0004】 又、試料を原子オーダーでの分解能で観察できる装置として原子間力顕微鏡（AFM; Atomic Force Microscopy）が提案された。このAFMは例えば特開昭62-130202に開示されている。又、AFMの探針と光学顕微鏡の光軸との位置合わせの方法は特開平3-40356に記載のものが、この方法を用いると探針と光学顕微鏡の光軸間の距離（ x_1 ）を容易に算出できる。AFMは、鋭く尖った突起部（探針）を自由端に持つカンチレバーを備えている。この探針を試料に近づけると、探針先端の原子と試料表面の原子との間に働く相互作用力（原子間力）によりカンチレバーの自由端が変位する。この自由端の変位を電氣的あるいは光学的に測定しながら、探針を試料表面に沿って走査することにより、試料の3次元的情報を得ている。例えば、カンチレバーの自由端の変位を一定に保つように探針試料間距離を制御しながら探針を走査すると、探針先端は試料表面の凹凸に沿って移動するので、探針先端の位置情報から試料の表面形状を示す3次元像を得ることができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 異物をSEMで観測する場合、異物の直径が0.1 μ m以下と小さくなり、又、異物の高さが数nmと低くなるとSEMでの異物の検出は難しい。特に、シリコンウェハー上のシリコンの異物のように同種の元素のSEM観測は非常に難しい。又SEMではウェハー上の異物が凹であるか凸であるかの識別も困難である。又、異物検査装置と座標リンケージを行った場合、位置合せの精度は通常 $\pm 100\mu$ m程度であり、0.1 μ mレベルの異物を短時間で発見する確率は非常に低い。

【0006】 一方AFMは、機械的走査のため走査速度も遅く、又、視野も最大100 μ mと狭いため、SEM同様に0.1 μ mレベルの異物の発見確率は低い。上記課題が発生するのでこれらを解決することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために本発明では、形状観察装置としてSEMの変わりに高分解能の3次元形状測定可能なAFMを使用し、さらに光散乱光学系を組み合わせた構成とした。

【0008】 図1に本発明の機能構成図を示す。装置の構成は光散乱光学系としては、入射光光源としてのレーザー光源15、光学顕微鏡7及び高感度画像検出器8により構成される。試料1はステージ4の上におかれ光学顕微鏡7の光軸 a_1 とAFM装置2のカンチレバー3先

3

端 a_2 との距離 x_1 は、既知であり、光学顕微鏡7で異物0を観測後、距離 x_1 だけ移動させ、AFM装置2にて容易に異物0の形状測定が行える。又、AFM装置は、カンチレバー3が試料面を走査するレバー走査タイプのものである。

【0009】

【作用】光源15より試料1に照射された光は、異物0により散乱され、異物よりの散乱光像として光学顕微鏡7、高感度画像検出器8によって検出される。この散乱光像発生部をステージ4を移動させることにより、光軸 a_1 の直下に移動する。次に既知量 x_1 だけステージ4を再移動させ、異物0をカンチレバー3の真下に移動させAFM装置2にて形状測定を行う。

【0010】

【実施例】次に図2に光散乱光学系の詳細を示す。ウェハー1上の異物0の位置座標を検出する目的で、入射光31a、31bは例えば50WクラスのArレーザー15をカプラー14によりファイバー12に導入し、光路変換器13、照射レンズ11a、11bをへて光学顕微鏡の真下1mm²程度の領域を照射する。この時、光路変換器13の切り換えによって照射レンズ11a、11bのいずれか一方のみから光は照射される。光学系は暗視野構成のため異物0がない場合は、正反射光32aあるいは32bのみで散乱光33は生じない。一方、異物0があると散乱光3が生じ、光学顕微鏡7を通して高感度画像検出器(CCDカメラ)8、高感度画像検出器コントローラー9を通して画像表示装置(CRT)10上に輝点として観測される。

【0011】最初は光学顕微鏡7の対物レンズ19を倍率5倍とし、視野2mm程度とし、異物0による輝点発見後、倍率を50倍、視野200 μ m程度とし、輝点を光軸の中心に正確に移動し、前述のように既知量 x_1 だけ再移動させたAFMの測定を行う。

【0012】このように対物レンズの倍率を変えて広視野から狭視野へと観測するため、 $\pm 100\mu$ 程度以上の座標のずれがあっても容易に異物の発見が可能となった。次に、位置合せの精度について述べる。前述のように異物検査装置と座標リンケージを行った場合位置合せの精度は、およそ $\pm 100\mu$ m程度である。

【0013】入射光の照射領域は約1mm²であり、50倍の対物レンズを使用した場合の光学顕微鏡7の視野はおおよそ200 μ m \square である。又高感度画像検出器8の画素数は 10^6 ケであり、検出系の画像分解能は200 μ m/ $10^3 = 0.2\mu$ mとなるが、実際は対物レンズの回折限界で約0.3 μ m程度となる。

【0014】従って、この光散乱光学系では、0.3 μ m程度の位置精度で異物の検出が可能である。又、ステージ移動の精度は、およそ $\pm 2\mu$ m程度であるため、AFM装置2は約5 μ m \square の視野で画像を走査すれば、0.1 μ mレベルの異物の検出が可能になった。又、こ

4

の光散乱系をAFM装置2に組み込む場合、ガスレーザー15の発熱及び振動は、探針サンプル間の位置関係及び力を変化させAFMを安定に動作させる場合の障害となる。従ってガスレーザー15及びカプラー14を(図2で破線で示す)別筐体20とし、光ファイバー12a、12bにてAFM装置へ入射光を導入する方式を採用した。

【0015】次に異物の凹凸の光学的手段による判定の方法について述べる。方法は試料1へ入射する光の角度を変えながら異物0より散乱される光の強度を測定することにより行う。図3は試料1上の凹および凸異物31、32に対して、レーザー光1を試料1表面すれすれ(a)、および垂直(b)に照射した時、レーザー光1がそれぞれの異物により散乱される場合のその散乱に用いられるレーザー光断面積 $L_1 \sim L_4$ を示す。なお、凹および凸異物31、32の持つ半径はaで同じである。まず、レーザー光1を試料1表面すれすれに入れる場合(入射角が大きい)について検討する。

【0016】凹異物31に対してレーザー光1は十分に凹異物31の内部にまで照射できないため、レーザー光断面積 L_1 は πa^2 より小さくなる。一方、凸異物32に対して試料1はその凸異物の影を試料1上に写し出すため、レーザー光断面積 L_2 は約 $2\pi a^2$ と大きくなる。このことから、レーザー光を試料2表面すれすれに入れる場合は、その異物の凹凸の差によりレーザー光断面積が変わり、その結果として散乱光強度が大幅に変わる。

【0017】次にレーザー光1を試料1表面と垂直に入れる場合(入射角が小さい)について検討する。凹異物31に対してレーザー光は十分に凹異物に当たるため、レーザー光断面積 L_3 は πa^2 となる。また凸異物に対してもレーザー光断面積 L_4 は πa^2 となる。このことからレーザー光1を試料1表面に垂直に入れる場合は、その異物の凹凸の差によりレーザー光断面積が変わらないので、散乱強度もほとんど変わらない。以上の検討結果から、試料1表面上の凹凸異物に対して、s試料面に対するレーザー光の入射角を変えたときに起こる散乱光強度の変化を考える。凹異物31に対してレーザー光の入射角を大きくすると散乱光強度は小さくなり、凸異物に対しては逆に大きくなる事がわかる。この結果は、顕微鏡7から観察される散乱光3の光強度の変化について試料1の表面に対するレーザー光1の入射角度を変えながら測定することで、試料1の表面にある異物0の凹、凸性について評価できることを示す。

【0018】図4は試料1の表面にある異物0の凹、凸性を評価するために組まれた光学系である。顕微鏡は2台あり、光学顕微鏡47、48はレーザー光源41aから小さい入射角で照射するレーザー光97の持つ光軸上およびレーザー光源41bから大きい入射角で照射するレーザー光98の持つ光軸上近くにそれぞれ設けてあ

る。まず、試料1の表面にある異物0に小さい入射角でレーザー光97を入射して、光学顕微鏡47に入る散乱光強度I0を測定する。次に大きい入射角でレーザー光98を入射して、光学顕微鏡48に入る散乱光強度I1を測定する。これら測定されたI0とI1の比をとり、これが1以上か以下かでその異物の凹凸性を判断する。すなわち、 $I1/I0$ が1以上なら、評価した異物は凸異物と判断し、逆に1以下なら凹異物と判断する。

【0019】図5は図4で設けた2台の顕微鏡の変わりに、1台の顕微鏡で散乱光を観測するものである。なお、顕微鏡の設置される位置は、小さい入射光で照射するレーザー光の持つ角度と大きい入射光で照射するレーザー光の持つ角度のそれぞれの和のその半分の角度を持つ軸上に設けられている。このようにすることにより、それぞれの角度で照射されるレーザー光が試料上で発する散乱光に対し、ほぼ同じ立体角ならびに散乱角を確保できる。そのため精度の高い異物の凹凸評価が可能になる。

【0020】図6は1台の光学顕微鏡67と1台のレーザー照射系61で散乱光を観測するもので、回軽ミラー63を度当たり68にあててP1に設置することで小さい入射角の光を得、度当たり62にあててP2に設置することで大きい入射角の光を得ている。

【0021】図7は、図6と同じ効果を得るためにハーフミラー73で構成した光学系である。なお、図2は、図6と同様の効果を得るため光ファイバー12を用いて構成した光学系であり入射角度切り換えのために光路変換器13を使用している。次に前記述の暗視野光散乱系の自動焦点合せの方法について述べる。

【0022】暗視野光散乱光学系は、ウェハー等の鏡面を観測する場合は、散乱光がほとんど無く顕微鏡の焦点合せは難しい。以下に図8を用いて焦点合せの手順を示す。第1に大きめの異物01（1μm程度）を使い対物レンズの焦点を合わせておく。この時の対物レンズと試料間の距離dをd0とする。この時、ウェハー面よりの反射光32はスリット22を通り鏡23をへて二分割の位置検出器24に均等に光があたるように一軸ステージ25を調整しておく（検出器の位置較正）。

【0023】第2に実際に測定する異物02へxyステージを移動させる。移動中に常に二分割検出器24に均等に光があたるように、二分割検出器24の出力を差動アンプ26に入力し、二つの検出器の差信号をステージドライバー27に入力し、zステージ4を上下させる。試料の傾き、うねりが小さく、反射光2が二分割検出24よりはずれない場合は、異物02にxyステージを移動後、二分割検出器24に均等に光があたるようにzステージの制御を行っても良い。この段階での対物レンズと異物間の距離をd1とする。ここまでの粗調の説明である。

【0024】第3に粗調のループを切り、微調を行う。

これは前述のd1を中心に±Δdだけzステージを上下する。Δdは倍率により異なるがおおよそ1〜20μm程度である。この時、光学顕微鏡7、高感度画像検出器8、高感度画像検出器コントローラ9、画像解析器21を通して得られる異物02の散乱像の半値幅Lが最小になる所の対物レンズと異物間の距離dがdfになる所にzステージを制御する（微調）。これで自動焦点合せを終了する。

【0025】以下に検出系について詳細を述べる。高感度の画像検出器8としては、たとえばSIT管を用いたCCDカメラ浜松フォトニクス社製C2400シリーズ等がある。又、高感度画像検出器コントローラ9上にフレームメモリを内蔵させ、数フレーム積算させることは微少な異物よりの微弱な散乱光のS/N向上に役立つ。図9に異物の散乱光像の半値幅を求める画像解析器の作用を述べる。

【0026】高感度画像検出器コントローラ9より送られる画像信号は（xi, yj, zij）であり3次元的な信号である。ここでxi, yjは位置座標、zijはその点での散乱光強度である。ここでx軸方向の散乱光の強度を求めるためy軸方向に積算を行う。

【0027】

【数1】

$$z_i = \sum_j z_{ij}$$

【0028】とし、（xi, zi）を求める。ここでxiはx軸方向の点、ziはその点でのy方向を積算してある散乱光強度である。xi-ziの関係より半値幅Lを求める。次に別の異物03に移動する時再び粗調ループをつなぎ、二分割検出器の信号により、zステージを制御する。

【0029】図10に光散乱光学系を、実際の大型試料用AFM装置に組み入れた実施例を示す。装置の構成は、除振台5の上に高剛性のアーム6に、AFM走査系2及び光学顕微鏡7が取り付けられており、光学像の検出器として、高感度CCD検出器8及びそのコントローラ9、光学像の画像表示器（CRT）10等で構成されている。又、レーザー照射系11a, 11bは、光ファイバー12a, 12b、光路変換器（光スイッチ）13、カプラー14を通してレーザー光源15とつながっており、試料面よりの正反射の位置に散乱光防止用の光反射防止器16が取り付けられている。この光反射防止器16はここにきた光を吸収し、反射光が試料に戻らないようにする為のものである。一方、試料1はxyzテーブル4の上に載せられ、カンチレバー3と光学顕微鏡の光軸間距離x1だけ移動できる（ここでは自動焦点合せ系は省略してある）。又、装置全体は、防音効果を含めた

暗箱17に覆われている。暗箱17と光反射防止器16は微少な異物(直径0.1 μ m以下)よりの微弱な散乱光測定の際のS/N向上に役立つことが判明した。

【0030】又、装置の天盤には、空気清浄機18が取り付けられており、前述の暗箱の中の空間の空気清浄度をクラス50以下程度に保つ。これにより、測定中に装置よりの試料面への異物の付着が軽減した。

【0031】

【発明の効果】本発明により、異物検査装置とAFM装置の座標リネージが容易になり、異物のAFMによる形状測定が容易になった。又、光学的手段で異物の凹凸が分離できるようになり、暗視野の自動焦点合せ機構とともに、異物の測定のスループットが向上した。又、発熱振動源である気体レーザーを主筐体より分離し、光ファイバーで入射光を導入したことにより、振動及び発熱によるノイズ及び画像のドリフトが減少し、再現性の良いAFM測定が行えるようになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】機能構成図である。

【図2】光散乱光学系の構成図である(光ファイバー使

用例)。

【図3】異物の模式図である。

【図4】本実施例を示す光散乱光学系の構成図である。

【図5】本実施例を示す光散乱光学系の構成図である。

【図6】本実施例を示す光散乱光学系の構成図である。

【図7】本実施例を示す光散乱光学系の構成図である。

【図8】暗視野自動焦点を示す構成図である。

【図9】画像解析装置を示す模式図である。

【図10】AFM装置の実施例を示す図である。

【符号の説明】

0 異物

1 試料

2 AFM装置

3 カンチレバー

4 ステージ

7, 47, 48, 57, 67, 77 光学顕微鏡

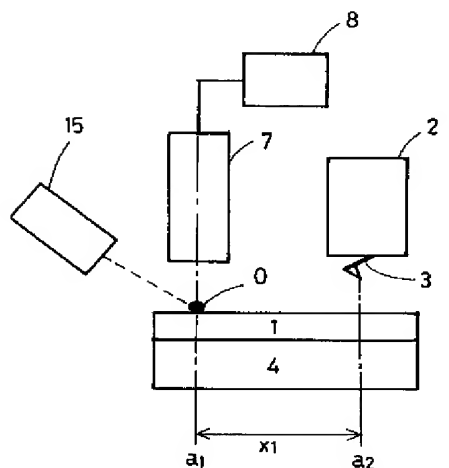
8 高感度画像検出器

13 光路変換器

15, 41a, 41b, 51a, 51b, 61, 71

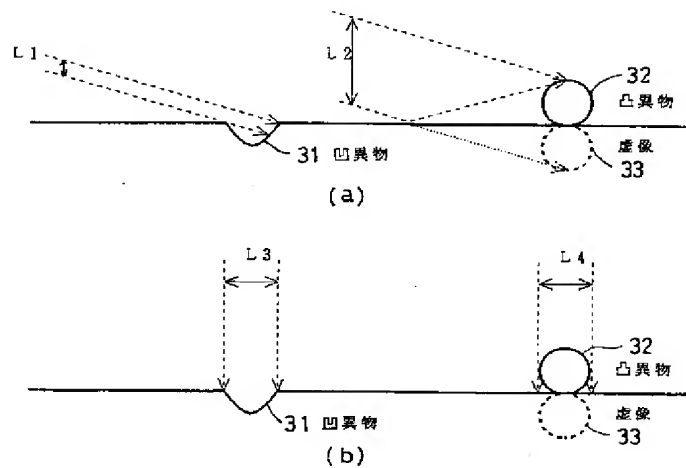
レーザー光源

【図1】

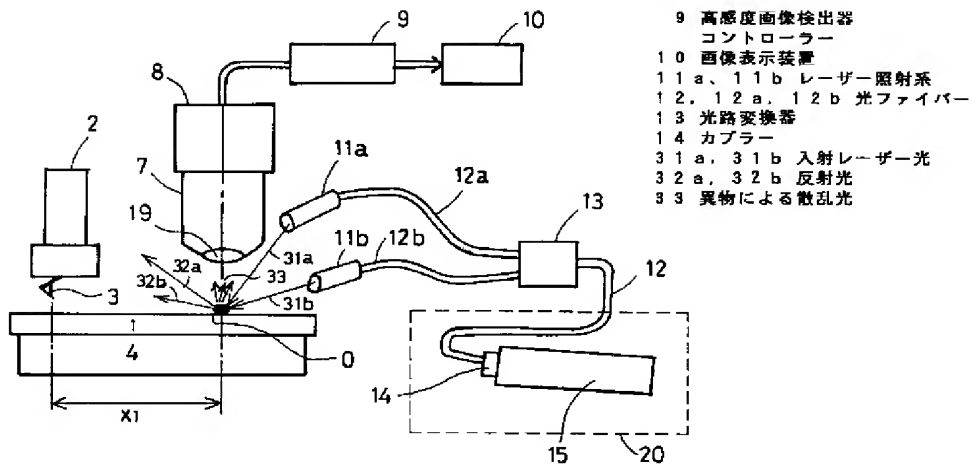


- | | |
|------------|------------|
| 0 異物 | 4 ステージ |
| 1 試料(ウェハー) | 7 光学顕微鏡 |
| 2 AFM装置 | 8 高感度画像検出器 |
| 3 カンチレバー | 15 レーザー光源 |

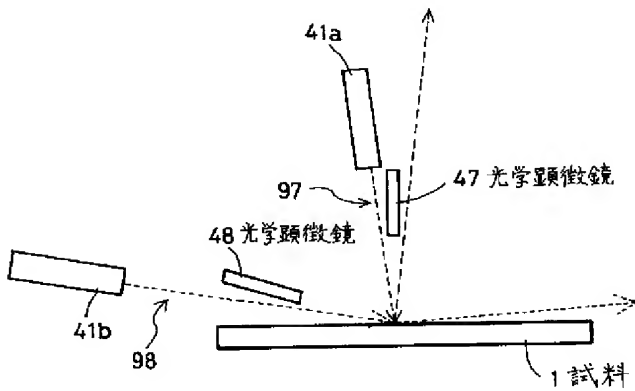
【図3】



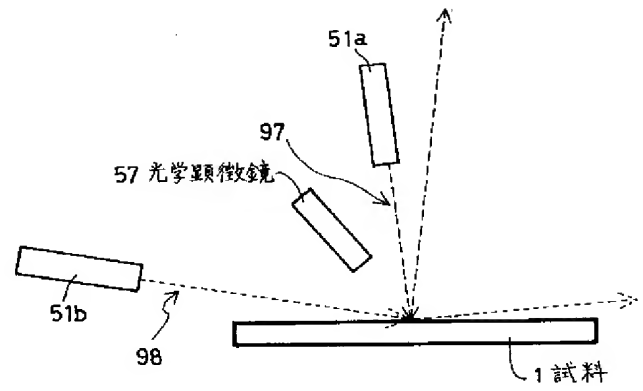
【図2】



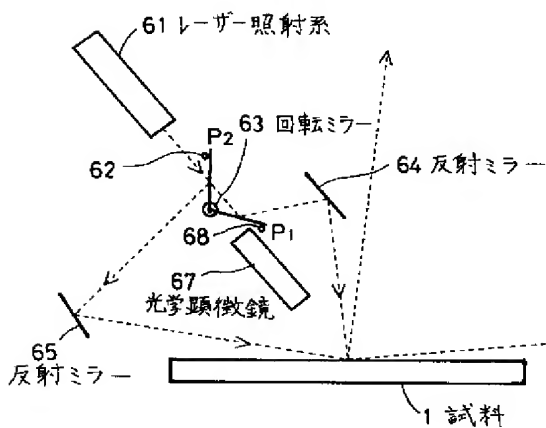
【図4】



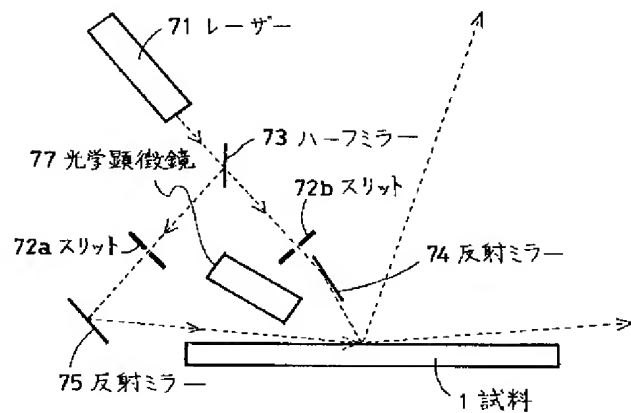
【図5】



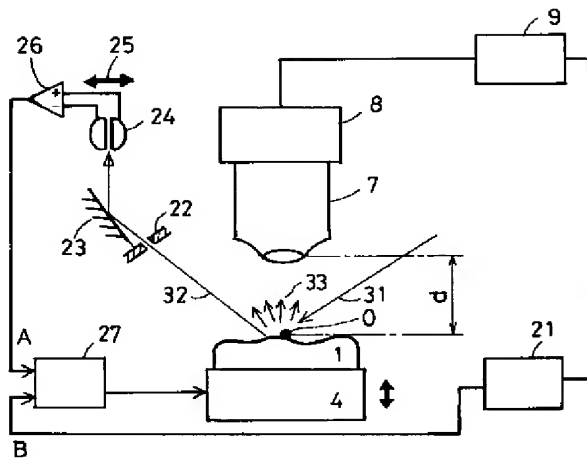
【図6】



【図7】

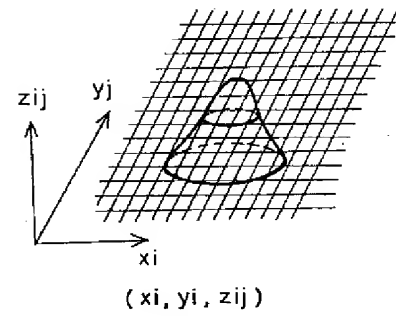


【図8】

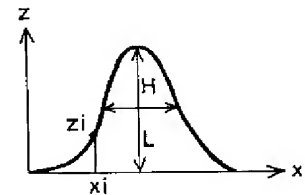


- | | |
|------------|--------------|
| A 粗調ループ | 21 画像解析器 |
| B 微調ループ | 22 スリット |
| d 焦点距離 | 23 鏡 |
| 0 異物 | 24 二分鏡検出器 |
| 1 試料 | 25 一軸ステージ |
| 4 ステージ | 26 差動アンプ |
| 7 光学顕微鏡 | 27 ステージドライバー |
| 8 高感度画像検出器 | 31 入射光 |
| 9 高感度画像検出器 | 32 反射光 |
| コントローラー | 33 散乱光 |

【図9】



(a)

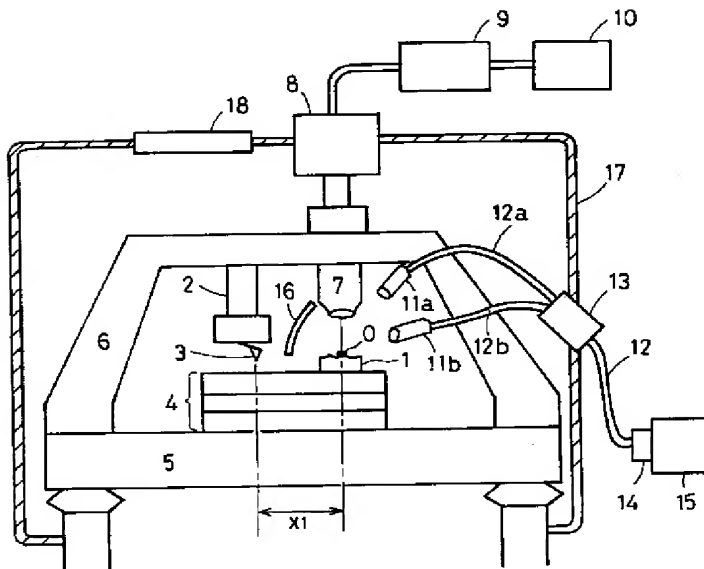


(xi, zi)

L: 半値幅

(b)

【図10】



- | |
|--------------------|
| 1 試料 (ウェハー等) |
| 2 AFM スキャナー |
| 3 カンチレバー |
| 4 ステージ |
| 5 除振台 |
| 6 アーム |
| 7 光学顕微鏡 |
| 8 高感度画像検出器 |
| 9 高感度画像検出器 |
| コントローラー |
| 10 画像表示器 |
| 11 a, 11 b レーザー照射系 |
| 12 a, 12 b ファイバー |
| 13 光路変換器 |
| 14 カプラー |
| 15 レーザー光源 |
| 16 反射防止器 |
| 17 暗箱 |
| 18 空気清浄機 |

PAT-NO: JP408152430A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08152430 A
TITLE: MICROSCOPE WITH ALIGNING
FUNCTION
PUBN-DATE: June 11, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
YASUTAKE, MASATOSHI	
FUJINO, NAOHIKO	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEIKO INSTR INC	N/A
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	N/A

APPL-NO: JP06295113
APPL-DATE: November 29, 1994

INT-CL (IPC): G01N037/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To facilitate the coordinate linkage between a foreign object-inspecting device and an AFM(atomic force microscope) device, improve the throughput for measuring the AFM shape of the foreign object, or improve the reproducibility for measuring AFM.

CONSTITUTION: A light scattering optical system is incorporated in an AFM device 20 for large sample with an optical microscope 7. Incidence light is introduced to the optical microscope 7 so that a dark visual field is achieved and incidence angle can be changed for the surface of the sample 1. Also, the incidence light is introduced to the main enclosure of AFM of optical fibers 12a and 12b. The reflection light from the surface of the sample 1 is received by a two-division detector and a dark visual field microscope is automatically focused by the signal. An entire device is covered with a dark box 17 to improve the S/N ratio for detecting scattered light.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO